

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/US05/004516

International filing date: 11 February 2005 (11.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE
Number: 102004007104.7
Filing date: 13 February 2004 (13.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 13 May 2005 (13.05.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



us/05/4516

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:

10 2004 007 104.7

Anmeldetag:

13. Februar 2004

Anmelder/Inhaber:

Ballard Power Systems AG, 70567 Stuttgart/DE

Bezeichnung:

Coanda-Strömungsverstärker, Verfahren zum
Betreiben eines Coanda-Strömungsverstärkers
und mit einem Coanda-Strömungsverstärker aus-
gestattetes Brennstoffzellensystem

IPC:

F 04 F, H 01 M

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 18. Februar 2005
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Wehner

Coanda-Strömungsverstärker, Verfahren zum Betreiben eines Coanda-Strömungsverstärkers und mit einem Coanda-Strömungsverstärker ausgestattetes Brennstoffzellensystem

Die Erfindung betrifft einen Coanda-Strömungsverstärker mit einem Saugeinlass, einem Auslass, einem sich zwischen dem Saugeinlass und dem Auslass erstreckenden Fluidkanal und einem Antriebsströmungseinlass, der durch einen Antriebsströmungs-Austrittsspalt mit dem Fluidkanal in Fluidverbindung steht sowie ein Verfahren zum Betreiben eines derartigen Coanda-Strömungsverstärkers. Die Erfindung betrifft ferner ein Brennstoffzellensystem mit mindestens einer Brennstoffzelle, einer Fluidquelle, einer Fluidleitung und einem in der Fluidleitung angeordneten Coanda-Strömungsverstärker, wobei ein Saugeinlass und ein Auslass des Coanda-Strömungsverstärkers jeweils mit der Fluidleitung in Fluidverbindung stehen, und wobei ein Antriebsströmungseinlass des Coanda-Strömungsverstärkers mit der Fluidquelle in Fluidverbindung steht.

Ein Coanda-Strömungsverstärker der oben genannten Art ist aus dem Stand der Technik bekannt und beispielsweise in der US 5,974,802 beschrieben. Das Funktionsprinzip eines Coanda-Strömungsverstärkers basiert auf dem als Coanda-Effekt bekannten Phänomen, dass ein entlang einer gekrümmten Oberfläche strömendes Fluid die Tendenz aufweist, der Kontur der gekrümmten Oberfläche zu folgen. Der Coanda-Strömungsverstärker weist daher üblicherweise einen Einlass für eine zu verstärkende Fluidströmung, einen durch eine gekrümmte Oberfläche begrenzten und sich in der Strömungsrichtung der zu verstärkenden Fluidströmung zunächst verengenden und anschließend trichterförmig erweiternden Fluidkanal sowie einen Fluidauslass auf. Radial zu dem Fluidkanal in einem Bereich stromaufwärts der Verengung des Fluidkanals ist ein Antriebsströmungseinlass vorgesehen, der über einen Antriebsströmungs-Austrittsspalt mit dem Fluidkanal in Fluidverbindung steht.

Durch den Antriebsströmungseinlass wird dem Coanda-Strömungsverstärker ein unter einem vorgegebenen Eingangsdruck stehendes Antriebsfluid zugeführt, das beim Durchströmen des Antriebsströmungs-Austrittsspalts eine hohe Strömungsgeschwindigkeit, typischerweise Schallgeschwindigkeit, erreicht und anschließend entlang der den Fluidkanal begrenzenden Oberfläche durch den Fluidkanal strömt. Dadurch entsteht im Bereich des Einlasses des Coanda-Strömungsverstärkers eine Saugwirkung, durch die große Volumina des durch den Coanda-Strömungsverstärker zu fördernden

Fluids in den Einlass gesaugt werden. Wie in der US 5,974,802 beschrieben, kann ein derartiger Coanda-Strömungsverstärker beispielsweise in einer Abgasrückführleitung eines Verbrennungsmotors angeordnet sein, um von dem Verbrennungsmotor erzeugte Abgase im Kreislauf zu führen.

Die DE 100 01 717 C1 beschreibt den Einsatz eines Coanda-Strömungsverstärkers in einem Brennstoffzellensystem, das eine Brennstoffzelleneinheit, eine mit der Kathodenseite der Brennstoffzelleneinheit verbundene Kathodengaszuführleitung, eine ebenfalls mit der Kathodenseite der Brennstoffzelleneinheit verbundene Kathodenabgasrückführleitung zur Rezirkulation von Kathodenabgas sowie eine mit der Anodenseite der Brennstoffzelleneinheit verbundene Anodenabgasrückführleitung zur Rezirkulation von Anodenabgas umfasst. Der Coanda-Strömungsverstärker kann beispielsweise in der Kathodengaszuführleitung und/oder der Kathodenabgasrückführleitung des Brennstoffzellensystems angeordnet sein, wobei ein Antriebsströmungseinlass des Coanda-Strömungsverstärkers jeweils über eine Druckluftleitung an eine Druckluftquelle angeschlossen ist. Alternativ dazu kann der Coanda-Strömungsverstärker auch in der Anodenabgasrückführleitung angeordnet sein. Der Antriebsströmungseinlass des Coanda-Strömungsverstärkers ist dann mit einem Brenngas-Druckspeicher verbunden, der z.B. gasförmigen oder flüssigen Wasserstoff enthalten kann.

Wie oben erläutert, ist es für die ordnungsgemäße Funktion des Coanda-Strömungsverstärkers zwingend erforderlich, dass das Antriebsfluid beim Durchströmen des Antriebsströmungs-Austrittsspalts auf eine sehr hohe Strömungsgeschwindigkeit, typischerweise Schallgeschwindigkeit beschleunigt wird. Dies ist dann gewährleistet, wenn ein Druckverhältnis zwischen einem Ausgangsdruck der Antriebsströmung beim Austritt aus dem Antriebsströmungs-Austrittsspalt und einem Eingangsdruck der Antriebsströmung beim Eintritt in den Antriebsströmungs-Austrittsspalt in Abhängigkeit der gewünschten Strömungsgeschwindigkeit des Antriebsfluids beim Austritt aus dem Antriebsströmungs-Austrittsspalt festzulegendes kritisches Druckverhältnis nicht überschreitet. Für eine Beschleunigung der Antriebsfluidströmung auf Schallgeschwindigkeit ($Mach = 1$) errechnet sich das kritische Druckverhältnis für zweiatomige Gase ($Kappa = 1,4$) zu 0,528. Um eine Überschreitung des kritischen Druckverhältnisses zu verhindern und somit eine ordnungsgemäße Funktion des Coanda-Strömungsverstärkers zu gewährleisten, wird das Antriebsfluid dem Coanda-Strömungsverstärker üblicherweise mit einem beispielsweise mittels eines Druckreglers voreingestellten ausreichend hohen Eingangsdruck zugeführt.

Bei einigen Anwendungen und insbesondere bei der Anwendung eines Coanda-Strömungsverstärkers in einem Brennstoffzellensystem besteht jedoch das Problem, dass der Massenstrom des dem Coanda-Strömungsverstärker zuzuführenden Antriebsfluids und somit auch dessen Eingangsdruck auch von anderen Systemparametern beeinflusst wird. Wenn der Coanda-Strömungsverstärker in einem Brennstoffzellensystem beispielsweise zur Rezirkulation des Anodenabgases eingesetzt und als Antriebsfluid das der Anodenseite der Brennstoffzelle zuzuführende Brenngas verwendet werden soll, hängt das der Brennstoffzelle zuzuführende Brenngasvolumen vom Brenngasverbrauch in der Brennstoffzelle, d.h. vom Lastzustand der Brennstoffzelle ab. Bei geringen Lastzuständen der Brennstoffzelle kann daher das Problem auftreten, dass der voreingestellte Eingangsdruck des Antriebsfluids nicht ausreicht, um die Antriebsfluidströmung beim Durchströmen des Antriebsströmungs-Austrittsspalts auf eine ausreichend hohe Geschwindigkeit zu beschleunigen, so dass die ordnungsgemäße Funktion des Coanda-Strömungsverstärkers nicht länger gewährleistet ist.

Die vorliegende Erfindung ist auf die Aufgabe gerichtet, einen Coanda-Strömungsverstärker, ein Verfahren zum Betreiben eines Coanda-Strömungsverstärkers sowie ein einen Coanda-Strömungsverstärker umfassendes Brennstoffzellensystem bereitzustellen, bei denen auch bei variierendem Massenstrom eines den Antriebsströmungs-Austrittsspalt des Coanda-Strömungsverstärkers durchströmenden Antriebsfluids eine ordnungsgemäße Funktion des Coanda-Strömungsverstärkers gewährleistet werden kann.

Die oben genannte Aufgabe wird durch einen Coanda-Strömungsverstärker mit den Merkmalen des Anspruchs 1, durch ein Verfahren zum Betreiben eines derartigen Coanda-Strömungsverstärkers mit den Merkmalen des Anspruchs 12 sowie durch ein Brennstoffzellensystem mit den Merkmalen des Anspruchs 15 gelöst. Der erfindungsgemäße Coanda-Strömungsverstärker zeichnet sich dadurch aus, dass ein Strömungsquerschnitt seines Antriebsströmungs-Austrittsspalts variabel einstellbar ist. Wenn ein dem Fluidkanal des Coanda-Strömungsverstärker zuzuführender Antriebsfluidmassenstrom klein sein soll, kann dementsprechend ein kleiner Strömungsquerschnitt des Antriebsströmungs-Austrittsspalts eingestellt werden. Umgekehrt kann ein größerer Strömungsquerschnitt des Antriebsströmungs-Austrittsspalts eingestellt werden, wenn dem Fluidkanal des Coanda-Strömungsverstärker ein größerer Antriebsfluidmassenstrom zugeführt werden soll. Da die Querschnittsfläche des Antriebsströmungs-Austrittsspalts bei kritischer Durchströmung direkt proportional zum Antriebsfluidmassenstrom ist, kann durch die variable Einstellung des Strö-

mungsquerschnitts des Antriebsströmungs-Austrittsspalts somit eine genaue Dosierung der gewünschten Menge des dem Fluidkanal des Coanda-Strömungsverstärkers zuzuführenden Antriebsfluids erfolgen.

Gleichzeitig kann der Strömungsquerschnitt des Antriebsströmungs-Austrittsspalts im Betrieb des erfindungsgemäßen Coanda-Strömungsverstärkers in Abhängigkeit des Eingangsdrucks des Antriebsfluids so gewählt werden, dass sich beim Durchströmen des Antriebsströmungs-Austrittsspalts ein Druckverhältnis zwischen dem Ausgangsdruck der Antriebsfluidströmung beim Austritt aus dem Antriebsströmungs-Austrittsspalt und dem Eingangsdruck der Antriebsfluidströmung beim Eintritt in den Antriebsströmungs-Austrittsspalt einstellt, das das kritische Druckverhältnis des Antriebsfluids nicht überschreitet. Dadurch kann auch bei variierenden, dem Fluidkanal zuzuführenden Antriebsfluidmassenströmen bzw. variierenden Eingangsdrücken der Antriebsfluidströmung auf einfache Art und Weise eine ordnungsgemäße Funktion des Coanda-Strömungsverstärkers sichergestellt werden. Darüber hinaus kann im Betrieb des erfindungsgemäßen Coanda-Strömungsverstärkers auf den Einsatz eines separaten Druckreglers zur Voreinstellung des Eingangsdrucks des Antriebsfluids verzichtet werden.

Vorzugsweise ist der erfindungsgemäße Coanda-Strömungsverstärker so ausgestaltet, dass der Antriebsströmungs-Austrittsspalt vollständig geschlossen und somit die Zufuhr von Antriebsfluid in den Fluidkanal des Coanda-Strömungsverstärkers unterbrochen werden kann. Vorteilhafterweise kann dann auf ein separates Ventil zur Unterbrechung der Antriebsfluidzufuhr in den Coanda-Strömungsverstärker verzichtet werden.

Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Coanda-Strömungsverstärkers umfasst ein zwischen dem Saugeinlass und dem Auslass angeordnetes und entlang einer Längsachse des Coanda-Strömungsverstärkers axial verschiebbares Strömungsführungselement. Der in dem Coanda-Strömungsverstärker ausgebildete Fluidkanal weist dann einen ersten Abschnitt, der sich vom Saugeinlass des Coanda-Strömungsverstärkers bis zu einer stromaufwärtigen Stirnfläche des Strömungsführungselements erstreckt, einen in dem Strömungsführungselement ausgebildeten zweiten Abschnitt sowie einen dritten Abschnitt auf, der sich von einer stromabwärtigen Stirnfläche des Strömungsführungselements bis zum Auslass des Coanda-Strömungsverstärkers erstreckt.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Coanda-Strömungsverstärkers ist der Saugeinlass in einem ersten Gehäuseabschnitt angeordnet und der Antriebsströmungs-Austrittsspalt zwischen einer stromabwärtigen Stirnfläche des ersten Gehäuseabschnitts und einer stromaufwärtigen Stirnfläche des Strömungsführungselements ausgebildet. Der Strömungsquerschnitt des Antriebsströmungs-Austrittsspalts wird dann durch den Abstand der stromaufwärtigen Stirnfläche des Strömungsführungselements von der stromabwärtigen Stirnfläche des ersten Gehäuseabschnitts bestimmt und kann auf einfache Art und Weise durch axiale Verschiebung des Strömungsführungselements entlang der Längsachse des Coanda-Strömungsverstärkers wie gewünscht variiert werden.

Der in dem Strömungsführungselement ausgebildete zweite Abschnitt des Fluidkanals ist vorzugsweise von einer gekrümmt ausgebildeten Innenwand begrenzt, so dass Querschnitt des zweiten Fluidkanalabschnitts von der stromaufwärtigen Stirnfläche des Strömungsführungselements in der Strömungsrichtung des Fluids in dem Fluidkanal konvergent divergent verläuft, d.h. sich zunächst verengt und anschließend wieder erweitert. Durch den Antriebsströmungs-Austrittsspalt zugeführtes Antriebsfluid strömt aufgrund des Coanda-Effekts mit hoher Geschwindigkeit entlang der gekrümmten Innenwand des Strömungsführungselements, wodurch im Bereich des Saugeinlasses eine Saugwirkung und somit die strömungsverstärkende Wirkung des Coanda-Strömungsverstärkers entsteht. Der in dem ersten Gehäuseabschnitt ausgebildete erste Fluidkanalabschnitt kann über seine Länge einen konstanten Querschnitt aufweisen. Alternativ dazu ist es jedoch auch möglich, den ersten Fluidkanalabschnitt in einem stromabwärtigen Endbereich mit einem in der Fluidströmungsrichtung divergent verlaufenden Fluidkanalquerschnitt, d.h. einem sich in der Fluidströmungsrichtung in dem Fluidkanal erweiternden Querschnitt auszubilden.

Vorzugsweise ist das Strömungsführungselement zumindest im Bereich des Antriebsströmungs-Austrittsspalts von einer Kammer umgeben, die den Antriebsströmungseinlass mit dem Antriebsströmungs-Austrittsspalt verbindet. Die Kammer kann beispielsweise ein das Strömungsführungselement zumindest teilweise umgebender Ringraum sein, der mit einem radial zu dem Strömungsführungselement angeordneten Antriebsströmungseinlass in Fluidverbindung steht.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Coanda-Strömungsverstärkers durchsetzt das axial verschiebbare Strömungsführungselement einen zweiten Gehäuseabschnitt und ist abgedichtet in dem zweiten Gehäuseabschnitt geführt. Zur axialen Führung des Strömungsführungselements kann der zwei-

te Gehäuseabschnitt beispielsweise einen radial nach innen ragenden Vorsprung aufweisen, dessen stromaufwärtige Stirnfläche die das Strömungsführungselement zumindest teilweise umgebende Kammer begrenzt. Zur Abdichtung des Strömungsführungselements gegenüber dem zweiten Gehäuseabschnitt ist vorzugsweise zumindest ein Dichtelement vorgesehen, das beispielsweise in einer am Außenumfang des Strömungsführungselements ausgebildeten Nut angeordnet sein kann.

Vorzugsweise ist der Auslass des Coanda-Strömungsverstärkers in einem dritten Gehäuseabschnitt angeordnet, wobei ein stromabwärtiger Abschnitt des Strömungsführungselements in den dritten Gehäuseabschnitt ragt und abgedichtet in dem dritten Gehäuseabschnitt geführt ist. Der dritte Abschnitt des Fluidkanals ist dann in dem dritten Gehäuseabschnitt ausgebildet und kann einen konstanten oder einen sich in der Fluidströmungsrichtung in dem Fluidkanal erweiternden Querschnitt aufweisen. Der erste, der zweite und der dritte Gehäuseabschnitt können als separate Bauteile ausgebildet sein, die beispielsweise mittels einer Schraubverbindung miteinander verbunden sein können. Die Komponenten des Coanda-Strömungsverstärkers können dann auf besonders einfache Weise in dem drei separat ausgebildete Abschnitte umfassenden Gehäuse montiert werden. Alternativ dazu ist es jedoch auch denkbar, ein einstückig ausgebildetes Gehäuse oder ein Gehäuse zu verwenden, bei dem jeweils zwei der drei Gehäuseabschnitte einstückig ausgebildet sind.

Bei der Abdichtung des stromabwärtigen Abschnitts des Strömungsführungselements gegenüber dem dritten Gehäuseabschnitt ist zu berücksichtigen, dass zumindest dann, wenn der Antriebsströmungs-Austrittsspalt geschlossen oder nur teilweise geöffnet ist, d.h. das Strömungsführungselement axial entgegen der Fluidströmungsrichtung in dem Fluidkanal verschoben ist, zwischen der stromabwärtigen Stirnfläche des Strömungsführungselements und einer an dem dritten Gehäuseabschnitt ausgebildeten stromaufwärtigen Stirnfläche ein Spalt vorhanden ist. Zur Abdichtung dieses Spalts ist daher vorzugsweise ein Dichtelement vorgesehen, das in einer an dem dritten Gehäuseabschnitt ausgebildeten Nut angeordnet ist und mit einer Umfangsfläche des Strömungsführungselements zusammenwirkt.

Da der von dem Strömungsführungselement zur Einstellung des Strömungsquerschnitts des Antriebsströmungs-Austrittspalts auszuführende Hub darüber hinaus sehr klein ist, können zur Abdichtung des Strömungsführungselements gegenüber dem zweiten und dem dritten Gehäuseabschnitt quasistatische Dichtungen, wie z.B. kostengünstig erhältliche O-Ringdichtungen eingesetzt werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Coanda-Strömungsverstärkers ist ein Betätigungselement zur axialen Verschiebung des Strömungsführungselements vorgesehen. Das Betätigungselement kann beispielsweise in dem dritten Gehäuseabschnitt angeordnet sein und ist vorzugsweise ein Piezo-Aktuator. Bei der Verwendung eines Piezoaktuators kann der von dem Strömungsführungselement auszuführende Hub durch eine entsprechende Bestromung des Piezoaktuators sehr präzise gesteuert und somit der Strömungsquerschnitt des Antriebsströmungs-Austrittsspalts besonders genau eingestellt werden.

Vorzugsweise ist das Strömungsführungselement federnd entgegen der Fluidströmungsrichtung in dem Fluidkanal vorgespannt, um den Antriebsströmungs-Austrittsspalt zu schließen, wenn sich das Betätigungselement in unbetätigtem Zustand befindet (fail safe/NC). Zur Erzeugung der gewünschten federnden Vorspannung kann beispielsweise ein Federelement vorgesehen sein, dessen Enden sich an der strom-aufwärtigen Stirnfläche des an dem zweiten Gehäuseabschnitt ausgebildeten radial nach innen ragenden Vorsprungs bzw. an einem am Außenumfang des Strömungsführungselement ausgebildeten, radial nach außen ragenden Flanschabschnitt abstützen.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Betreiben eines Coanda-Strömungsverstärkers wird ein variabel einstellbarer Strömungsquerschnitt des Antriebsströmungs-Austrittsspalts so gewählt, dass ein Druckverhältnis zwischen einem Ausgangsdruck der Antriebsströmung beim Austritt aus dem Antriebsströmungs-Austrittsspalt und einem Eingangsdruck der Antriebsströmung beim Eintritt in den Antriebsströmungs-Austrittsspalt ein kritisches Druckverhältnis nicht überschreitet. Das erfindungsmäße Verfahren stellt sicher, dass die Antriebsfluidströmung beim Durchströmen des Antriebsströmungs-Austrittsspalt auch bei variierenden, dem Fluidkanal des Coanda-Strömungsverstärkers zuzuführenden Antriebsfluidmassenströmen bzw. variierenden Eingangsdrücken der Antriebsfluidströmung auf eine ausreichend hohe, durch das kritische Druckverhältnis definierte Strömungsgeschwindigkeit beschleunigt und somit eine ordnungsgemäße Funktion des Coanda-Strömungsverstärkers gewährleistet wird.

Das kritische Druckverhältnis beträgt für zweiatomige ideale Gase 0,528. Wenn der Strömungsquerschnitt des Antriebsströmungs-Austrittsspalts so gewählt wird, dass das Druckverhältnis zwischen dem Ausgangsdruck der Antriebsströmung beim Austritt aus dem Antriebsströmungs-Austrittsspalt und dem Eingangsdruck der Antriebsströmung beim Eintritt in den Antriebsströmungs-Austrittsspalt das kritische

Druckverhältnis nicht überschreitet, ist gewährleistet, dass die Antriebsfluidströmung beim Durchströmen des Antriebsströmungs-Austrittsspalt mindestens auf Schallgeschwindigkeit ($Mach = 1$) beschleunigt wird.

Vorzugsweise wird der variabel einstellbare Strömungsquerschnitt des Antriebsströmungs-Austrittsspalts so gewählt, dass das Druckverhältnis zwischen dem Ausgangsdruck der Antriebsströmung beim Austritt aus dem Antriebsströmungs-Austrittsspalt und dem Eingangsdruck der Antriebsströmung beim Eintritt in den Antriebsströmungs-Austrittsspalt gleich dem kritischen Druckverhältnis ist. Diese Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ermöglicht eine genaue Steuerung der Strömungsgeschwindigkeit der Antriebsfluidströmung beim Austritt aus dem Antriebsströmungs-Austrittsspalt. Sie ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn das kritische Druckverhältnis vorliegt, da der Impulsaustausch zwischen der Antriebsfluidströmung und der zu verstärkenden Fluidströmung bei einer beim Austritt aus dem Antriebsströmungs-Austrittsspalt mit Schallgeschwindigkeit strömenden Antriebsfluidströmung optimal ist und somit eine besonders gute strömungsverstärkende Wirkung des Coanda-Strömungsverstärkers realisiert werden kann.

Bei dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem ist in einer Fluidleitung ein Coanda-Strömungsverstärker angeordnet, der sich dadurch auszeichnet, dass ein Strömungsquerschnitt seines Antriebsströmungs-Austrittsspalts variabel einstellbar ist. Durch den Einsatz eines Coanda-Strömungsverstärkers mit einem variabel einstellbaren Strömungsquerschnitt des Antriebsströmungs-Austrittsspalts kann auch bei variierenden Eingangsdrücken der dem Antriebsströmungseinlass des Coanda-Strömungsverstärkers aus der Fluidquelle zugeführten Antriebsfluidströmung eine ordnungsgemäße Funktion des Coanda-Strömungsverstärkers sichergestellt werden. Darüber hinaus kann die Anzahl der Komponenten des Gesamtsystems in vorteilhafter Weise verringert werden, da auf einen beispielsweise mit einer die Fluidquelle mit dem Antriebsströmungseinlass verbindenden Fluidleitung angeordneten Druckregler zur Voreinstellung des Eingangsdrucks des dem Coanda-Strömungsverstärker zuzuführenden Antriebsfluids verzichtet werden kann.

In einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems ist die Fluidleitung eine mit der Brennstoffzelle verbundene Spülgaszuführleitung (Feed), über die ein Spülgas, beispielsweise Luft in die Brennstoffzelle eingeleitet wird. Dem Antriebsströmungseinlass des Coanda-Strömungsverstärkers kann beispielsweise über eine Druckluftleitung Spülluft, z.B. in Form von Leckluft des Systems oder Überströmluft eines Hochdruckverdichters des Systems oder aus einer anderen Druckluft-

quelle des Systems zugeführt werden. Der Coanda-Strömungsverstärker saugt dann an seinem Saugeinlass Spülluft mit hohem Strömungsvolumen aus der Umgebung an. Neben der Brennstoffzelle können auch andere Komponenten des Brennstoffzellensystems mit der Spülgaszuführleitung verbunden sein und durch die von dem Coanda-Strömungsverstärker erzeugte Spülgasströmung belüftet werden.

In einer zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems ist die Fluidleitung eine mit der Brennstoffzelle verbundene Kathodengaszuführleitung, über die der Kathodenseite der Brennstoffzelle ein Kathodengas, beispielsweise Luft zugeführt wird. Ähnlich wie bereits im Zusammenhang mit der ersten Ausführungsform des Brennstoffzellensystems beschrieben, kann dem Antriebsströmungseinlass des Coanda-Strömungsverstärkers beispielsweise über eine Druckluftleitung Luft als Antriebsfluid für den Coanda-Strömungsverstärker zugeführt werden.

In einer dritten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems ist die Fluidleitung eine mit einer Kaltstartkomponente des Brennstoffzellensystems verbundene Kaltstartgaszuführleitung, über die der Kaltstartkomponente während der Kaltstartphase des Systems ein Kaltstartgas zugeführt wird. Die Kaltstartkomponente dient dazu, das Brennstoffzellensystem bei einem Kaltstart möglichst rasch auf Betriebstemperatur zu bringen. Als Antriebsfluid für den Coanda-Strömungsverstärker kann wiederum Luft verwendet werden, die dem Antriebsströmungseinlass des Coanda-Strömungsverstärkers über eine Druckluftleitung zugeführt wird.

In einer vierten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems ist die Fluidleitung, eine Abgasrückführleitung zur Rezirkulation von Brennstoffzellenabgas. Die Abgasrückführleitung kann beispielsweise eine Kathodenabgasrückführleitung sein, über die wenigstens ein Teil des Kathodenabgases zu einer Kathodeneintrittsseite der Brennstoffzelle zurückgeführt wird, um beispielsweise die Wasserbilanz des Brennstoffzellensystems oder die Gleichverteilung in der Brennstoffzelle zu verbessern. Zur Versorgung des Coanda-Strömungsverstärkers mit Antriebsfluid kann der Antriebsströmungseinlass des Coanda-Strömungsverstärkers beispielsweise über eine Druckluftleitung mit einer Druckluftquelle verbunden sein.

Vorzugsweise ist die Abgasrückführleitung jedoch eine Anodenabgasrückführleitung zur Rezirkulation von Anodenabgas, wobei der Brennstoffzelle aus der Fluidquelle Anodengas zugeführt wird, d.h. das der Anodenseite der Brennstoffzelle zuzuführende Anodengas wird gleichzeitig als Antriebsfluid für den Coanda-Strömungsverstärker genutzt. Das als Antriebsfluid für den Coanda-Strömungsverstärker eingesetzte Ano-

dengas kann beispielsweise gasförmiger Wasserstoff sein. Durch den Einsatz eines Coanda-Strömungsverstärkers, bei dem der Strömungsquerschnitt des Antriebsströmungs-Austrittsspalts variabel einstellbar ist, kann durch eine entsprechende Wahl des Strömungsquerschnitts des Antriebsströmungs-Austrittsspalts der der Anodenseite der Brennstoffzelle zuzuführende Anodengasmassenstrom sehr präzise gesteuert werden. Dadurch übernimmt der Coanda-Strömungsverstärker zusätzlich eine Dosierfunktion zur Dosierung der vom Lastzustand der Brennstoffzelle abhängigen, der Anodenseite der Brennstoffzelle zuzuführenden Anodengasmenge.

Eine bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Coanda-Strömungsverstärkers sowie zwei bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem sind in den beigefügten schematischen Zeichnungen dargestellt, von denen

- Fig. 1 einen Längsschnitt einer bevorzugten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Coanda-Strömungsverstärkers zeigt,
- Fig. 2 eine Detailansicht des in Fig. 1 dargestellten Coanda-Strömungsverstärkers zeigt,
- Fig. 3 eine schematische Darstellung des Aufbaus einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems zeigt,
- Fig. 4 eine schematische Darstellung des Aufbaus einer zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems zeigt;

Fig. 1 zeigt einen Coanda-Strömungsverstärker 10 mit einem dreiteiligen Gehäuse 12, das einen ersten Gehäuseabschnitt 14, einen zweiten Gehäuseabschnitt 16 und einen dritten Gehäuseabschnitt 18 umfasst. Der erste, der zweite und der dritte Gehäuseabschnitt 14, 16, 18 sind jeweils als separate Bauteile ausgebildet und durch eine Schraubverbindung 20 fest miteinander verbunden. Der Coanda-Strömungsverstärker 10 weist einen in dem ersten Gehäuseabschnitt 14 ausgebildeten Saugeinlass 22 sowie einen in dem dritten Gehäuseabschnitt 18 ausgebildeten Auslass 24 auf.

In dem Gehäuse 12 ist ein Strömungsführungselement 26 angeordnet, das durch einen radial nach innen ragenden Vorsprung 28 des zweiten Gehäuseabschnitts 16 entlang einer Längsachse L des Coanda-Strömungsverstärkers 10 axial verschiebbar

in dem Gehäuse 12 geführt und mittels einer ersten O-Ringdichtung 30 gegenüber dem zweiten Gehäuseabschnitt 16 abgedichtet ist. Die erste O-Ringdichtung 30 ist in einer an einem im wesentlichen zylindrischen Außenumfang 32 des Strömungsführungselements 26 ausgebildeten Nut 34 angeordnet. Ein stromabwärtiger Abschnitt 36 des Strömungsführungselements 26 ragt in den dritten Gehäuseabschnitt 18 und ist abgedichtet in dem dritten Gehäuseabschnitt 18 geführt. Zur Abdichtung des stromabwärtigen Abschnitts 36 des Strömungsführungselements 26 gegenüber dem dritten Gehäuseabschnitt 18 ist eine zweite O-Ringdichtung 38 vorgesehen, die in einer an dem dritten Gehäuseabschnitt 18 ausgebildeten Nut 40 angeordnet ist.

Ein Fluidkanal 42 erstreckt sich zwischen dem Saugeinlass 22 und dem Auslass 24, wobei ein erster Abschnitt 44 des Fluidkanals 42 in dem ersten Gehäuseabschnitt 14, ein zweiter Abschnitt 46 des Fluidkanals 42 in dem Strömungsführungselement 26 und ein dritter Abschnitt 48 des Fluidkanals 42 in dem dritten Gehäuseabschnitt 18 ausgebildet ist. Der erste Fluidkanalabschnitt 44 erstreckt sich von dem Saugeinlass 22 bis zu einer stromabwärtigen Stirnfläche 50 des ersten Gehäuseabschnitts 14 und weist in einem stromabwärtigen Endbereich einen sich in einer Fluidströmungsrichtung F in dem Fluidkanal 42 erweiternden Querschnitt auf. Der in dem Strömungsführungselement 26 ausgebildete zweite Abschnitt 46 des Fluidkanals 42 ist von einer gekrümmt ausgebildeten Innenwand 52 des Strömungsführungselements 26 begrenzt, so dass sich der Querschnitt des zweiten Fluidkanalabschnitts 46 von einer stromaufwärtigen Stirnfläche 54 des Strömungsführungselements 26 in der Fluidströmungsrichtung F in dem Fluidkanal 42 zunächst verengt und anschließend wieder erweitert. Der in dem dritten Gehäuseabschnitt 18 ausgebildete dritte Abschnitt 48 des Fluidkanals 42 erstreckt sich von einer an dem dritten Gehäuseabschnitt 18 ausgebildeten stromaufwärtigen Stirnfläche 58 bis zu dem Auslass 24 und weist in der Fluidströmungsrichtung F in dem Fluidkanal 42 einen konstanten Querschnitt auf.

Radial zu dem Strömungsführungselement 26 ist in dem zweiten Gehäuseabschnitt 16 ein Antriebsströmungseinlass (Feed) 60 angeordnet, der über eine Verbindungsleitung 62 fluidleitend mit einem Ringraum 64 verbunden ist, der einen stromaufwärtigen Abschnitt des Strömungsführungselements 26 umgibt.

Wie am besten in Fig. 2 zu erkennen ist, ist der Ringraum 64 über einen zwischen der stromabwärtigen Stirnfläche 50 des ersten Gehäuseabschnitts 14 und der stromaufwärtigen Stirnfläche 54 des Strömungsführungselements 26 gebildeten Antriebsströmungs-Austrittsspalt 66 fluidleitend mit dem Fluidkanal 42 verbunden. Ein Strömungsquerschnitt des Antriebsströmungs-Austrittsspalts 66 wird somit durch

den Abstand der stromabwärtigen Stirnfläche 50 des ersten Gehäuseabschnitts 14 von der stromaufwärtigen Stirnfläche 54 des Strömungsführungselements 26 festgelegt und kann durch axiale Verschiebung des Strömungsführungselements 26 in dem Gehäuse 12 entlang der Längsachse L des Coanda-Strömungsverstärkers 10 variabel eingestellt werden. Wenn das Strömungsführungselement 26 so weit entgegen der Fluidströmungsrichtung F in dem Fluidkanal 42 verschoben ist, dass die stromaufwärtige Stirnfläche 54 des Strömungsführungselements 26 an der stromabwärtigen Stirnfläche 50 des ersten Gehäuseabschnitts 14 anliegt, ist die Fluidverbindung zwischen dem Antriebsströmungseinlass 60 und dem Fluidkanal 42 unterbrochen, so dass die Zufuhr von Antriebsfluid in den Fluidkanal 42 des Coanda-Strömungsverstärkers 10 unterbunden wird.

Zur axialen Verschiebung des Strömungsführungselements 26 ist ein als Piezoaktuator ausgebildetes Betätigungselement 68 vorgesehen. Ein Federelement 70, dessen Enden sich an einer stromaufwärtigen Stirnfläche 72 des an dem zweiten Gehäuseabschnitt 16 ausgebildeten radial nach innen ragenden Vorsprungs 28 bzw. an einem am Außenumfang 32 des Strömungsführungselement 26 ausgebildeten radial nach außen ragenden Flanschabschnitt 74 abstützen, spannt das Strömungsführungselement 26 federnd entgegen der Fluidströmungsrichtung F in dem Fluidkanal 42 vor. Durch die von dem Federelement 70 aufgebrachte Vorspannung wird die stromaufwärtige Stirnfläche 54 des Strömungsführungselements 26 gegen die stromabwärtige Stirnfläche 50 des ersten Gehäuseabschnitts 14 gedrängt, so dass der Antriebsströmungs-Austrittsspalt 66 geschlossen ist, wenn sich das Betätigungselement 68 in unbetätigtem Zustand befindet.

Im folgenden wird die Funktionsweise des in den Fig. 1 und 2 dargestellten Coanda-Strömungsverstärkers 10 erläutert. Im Betrieb wird dem Coanda-Strömungsverstärker 10 über den Saugeinlass 22 eine zu verstärkende Fluidströmung zugeführt. Der Antriebsströmungseinlass 60 ist mit einer Antriebsfluidquelle verbunden, aus der dem Coanda-Strömungsverstärker 10 ein unter Druck stehendes Antriebsfluid zugeführt wird. Wenn eine strömungsverstärkende Wirkung des Coanda-Strömungsverstärkers 10 in bestimmten Betriebsphasen nicht erwünscht ist, bleibt der Piezoaktuator unbestromt, so dass der Antriebsströmungs-Austrittsspalt 66 aufgrund der von dem Federelement 70 auf das Strömungsführungselement 26 aufgebrachten Vorspannung geschlossen und somit die Zufuhr von Antriebsfluid in den Fluidkanal 42 des Coanda-Strömungsverstärkers 10 unterbunden ist.

Ist dagegen eine strömungsverstärkende Wirkung des Coanda-Strömungsverstärker 10 erwünscht, wird das Strömungsführungselement 26 durch den Piezoaktuator in der Fluidströmungsrichtung F in dem Fluidkanal 42 verschoben und somit die Fluidverbindung zwischen dem Antriebsströmungseinlass 60 und dem Fluidkanal 42 geöffnet. Der Strömungsquerschnitt des Antriebsströmungs-Austrittsspalt 66 wird durch eine entsprechende Verschiebung des Strömungsführungselements 26 dabei so gewählt, dass dem Fluidkanal 42 der gewünschte Antriebsfluidmassenstrom zugeführt wird.

Ein optimaler Impulsaustausch zwischen dem durch den Antriebsströmungs-Austrittsspalt 66 strömenden Antriebsfluid und der über den Saugeinlass 22 zugeführten Fluidströmung ist dann möglich, wenn das Antriebsfluid beim Austritt aus dem Antriebsströmungs-Austrittsspalt 66 mit Schallgeschwindigkeit ($\text{Mach} = 1$) strömt. Dies ist dann gewährleistet, wenn ein Druckverhältnis zwischen einem Ausgangsdruck der Antriebsfluidströmung beim Austritt aus dem Antriebsströmungs-Austrittsspalt 66 und einem Eingangsdruck der Antriebsfluidströmung beim Eintritt in den Antriebsströmungs-Austrittsspalt 66 kleiner bzw. gleich einem kritischen Druckverhältnis ist. Der Strömungsquerschnitt des Antriebsströmungs-Austrittsspalt 66 wird daher so eingestellt, dass das Druckverhältnis zwischen dem Ausgangsdruck der Antriebsfluidströmung beim Austritt aus dem Antriebsströmungs-Austrittsspalt 66 und dem Eingangsdruck der Antriebsfluidströmung beim Eintritt in den Antriebsströmungs-Austrittsspalt 66 dem kritischen Druckverhältnis entspricht. Die Einstellung des gewünschten Strömungsquerschnitts des Antriebsströmungs-Austrittsspalt 66 erfolgt durch entsprechende Bestromung des Piezoaktuators anhand von Steuersignalen, die von einer in den Figuren nicht gezeigten elektronischen Steuereinheit bereitgestellt werden.

Das mit Schallgeschwindigkeit aus dem Antriebsströmungs-Austrittsspalt 66 austretende Antriebsfluid strömt aufgrund des Coanda-Effekts entlang der gekrümmt ausgebildeten Innenwand 52 des Strömungsführungselements 26. Dadurch entsteht im Bereich des Saugeinlasses 22 eine Saugwirkung, durch die große Mengen des durch den Coanda-Strömungsverstärker 10 zu fördernden Fluids in den Saugeinlass 22 gesaugt werden.

Fig. 3 zeigt den Aufbau einer ersten Ausführungsform eines Brennstoffzellensystems 80, das eine Brennstoffzelle 82, eine mit der Brennstoffzelle 82 verbundene Spülgaszuführleitung 84 sowie eine Spülgasabführleitung 86 umfasst. In der Spülgaszuführleitung 84 ist ein in den Fig. 1 und 2 gezeigter Coanda-Strömungsverstärker 10

angeordnet, wobei der Saugeinlass (Suction) 22 und der Auslass (Discharge) 24 des Coanda-Strömungsverstärkers 10 jeweils mit der Spülgaszuführleitung 84 verbunden sind. Der Antriebsströmungseinlass 60 des Coanda-Strömungsverstärkers 10 ist über eine Druckluftleitung 87 an eine Druckluftquelle 88 angeschlossen.

Im Betrieb wird dem Antriebsströmungseinlass 60 des Coanda-Strömungsverstärkers 10 über die Druckluftleitung 87 Druckluft als Antriebsfluid aus der Druckluftquelle 88 zugeführt. Durch die am Saueinlass 22 des Coanda-Strömungsverstärkers 10 entstehende Saugwirkung wird Spülluft mit einem hohen Strömungsvolumen aus der Umgebungsluft angesaugt und über die Spülgaszuführleitung 84 der Brennstoffzelle 82 zugeführt.

Der Strömungsquerschnitt des Antriebsströmungs-Austrittsspalts des Coanda-Strömungsverstärkers 10 wird dabei so gewählt, dass das Druckverhältnis zwischen dem Ausgangsdruck der Antriebsfluidströmung beim Austritt aus dem Antriebsströmungs-Austrittsspalt und dem Eingangsdruck der Antriebsfluidströmung beim Eintritt in den Antriebsströmungs-Austrittsspalt dem kritischen Druckverhältnis von 0,528 entspricht. Die Einstellung des Strömungsquerschnitts des Antriebsströmungs-Austrittsspalts erfolgt durch entsprechende Bestromung des Piezoaktuators des Coanda-Strömungsverstärkers 10 anhand von Steuersignalen, die von einer in der Fig. 3 nicht gezeigten elektronischen Steuereinheit bereitgestellt werden.

Fig. 4 zeigt eine weitere Ausführungsform eines Brennstoffzellensystems 90, das eine Brennstoffzelle 92 mit einer Kathodenseite 94, einer Anodenseite 96 sowie einer die Kathodenseite 94 von der Anodenseite 96 trennenden Membran 98 umfasst. Ein erster in den Fig. 1 und 2 gezeigter Coanda-Strömungsverstärker 10a ist in einer Kathodengaszuführleitung 100 angeordnet, wobei der Saugeinlass 22a und der Auslass 24a des Coanda-Strömungsverstärkers 10a jeweils mit der Kathodengaszuführleitung 94 verbunden sind. Der Antriebsströmungseinlass 60a des Coanda-Strömungsverstärkers 10a ist über eine Druckluftleitung 101 an eine Druckluftquelle 102 angeschlossen.

Im Betrieb wird dem Antriebsströmungseinlass 60a des Coanda-Strömungsverstärkers 10a über die Druckluftleitung 101 Druckluft als Antriebsfluid aus der Druckluftquelle 102 zugeführt. Dadurch wird Luft aus der Umgebung in den Saueinlass 22a des Coanda-Strömungsverstärkers 10a gesaugt und über die Kathodengaszuführleitung 100 der Kathodenseite 94 der Brennstoffzelle 92 zugeführt.

Aus der Kathodenseite 94 der Brennstoffzelle 92 über eine Auslassleitung 104 abgeführtes Kathodenabgas wird über eine Kathodenabgasrückführleitung 106 zumindest teilweise zur Kathodenseite 94 der Brennstoffzelle 92 zurückgeführt, wobei die Auslassleitung 104 zur Steuerung des rückzuführenden Kathodenabgasvolumens über ein in der Fig. 4 nicht gezeigtes schaltbares Ventil mit der Kathodenabgasrückführleitung 106 verbunden ist. In der Kathodenabgasrückführleitung 106 ist ein zweiter in den Fig. 1 und 2 gezeigter Coanda-Strömungsverstärker 10b angeordnet, wobei der Saugeinlass 22b und der Auslass 24b des Coanda-Strömungsverstärkers 10b jeweils mit der Kathodenabgasrückführleitung 106 verbunden sind. Der Antriebsströmungseinlass 60b des Coanda-Strömungsverstärkers 10b ist über eine weitere Druckluftleitung 108 an eine weitere Druckluftquelle 110 angeschlossen.

Im Betrieb wird dem Antriebsströmungseinlass 60b des Coanda-Strömungsverstärkers 10b über die weitere Druckluftleitung 108 Druckluft als Antriebsfluid aus der weiteren Druckluftquelle 110 zugeführt. Dadurch bewirkt der Coanda-Strömungsverstärker 10b einen Gasströmungsantrieb für das durch die Kathodenabgasrückführleitung 106 zur Kathodenseite 94 der Brennstoffzelle 92 zurückzuführende Kathodenabgas.

Aus der Anodenseite 96 der Brennstoffzelle 92 austretendes Anodenabgas wird über eine Anodenabgasrückführleitung 112 zur Anodenseite 96 der Brennstoffzelle 92 zurückgeführt. In der Anodenabgasrückführleitung 112 ist ein dritter in den Fig. 1 und 2 gezeigter Coanda-Strömungsverstärker 10c angeordnet, wobei der Saugeinlass 22c und der Auslass 24c des Coanda-Strömungsverstärkers 10c jeweils mit der Anodenabgasrückführleitung 112 verbunden sind. Der Antriebsströmungseinlass 60c des Coanda-Strömungsverstärkers 10c ist über eine Leitung 114 an einen Anodengasspeicher 116 angeschlossen, der gasförmigen oder flüssigen Wasserstoff enthält.

Im Betrieb wird dem Antriebsströmungseinlass 60c des Coanda-Strömungsverstärkers 10c über die Leitung 114 Anodengas als Antriebsfluid aus dem Anodengasspeicher 116 zugeführt. Der Strömungsquerschnitt des Antriebsströmungsaustrittsspalts des Coanda-Strömungsverstärkers 10c wird dabei so gewählt, dass der Anodenseite 96 der Brennstoffzelle 92 das gewünschte, vom Lastzustand der Brennstoffzelle 92 abhängige Anodengasvolumen zugeführt wird. Wie bereits im Zusammenhang mit dem in der Kathodenabgasrückführleitung 106 angeordneten Coanda-Strömungsverstärker 10b beschrieben, bewirkt der Coanda-Strömungsverstärker 10c einen Gasströmungsantrieb für das durch die Anodenabgasrückführleitung 112 zur Anodenseite 96 der Brennstoffzelle 92 zurückzuführende Anodenabgas.

Die Strömungsquerschnitte der Antriebsströmungs-Austrittsspalte der Coanda-Strömungsverstärker 10a, 10b, 10c werden im Betrieb des Brennstoffzellensystems 90 jeweils so gewählt, dass das Druckverhältnis zwischen dem Ausgangsdruck der Antriebsfluidströmung beim Austritt aus dem Antriebsströmungs-Austrittsspalt des jeweiligen Coanda-Strömungsverstärkers 10a, 10b, 10c und dem Eingangsdruck der Antriebsfluidströmung beim Eintritt in den Antriebsströmungs-Austrittsspalt des jeweiligen Coanda-Strömungsverstärkers 10a, 10b, 10c dem kritischen Druckverhältnis von 0,528 entspricht. Die Einstellung der Strömungsquerschnitte der Antriebsströmungs-Austrittsspalte erfolgt durch entsprechende Bestromung der jeweiligen Piezoaktuatoren der Coanda-Strömungsverstärker 10a, 10b, 10c anhand von Steuerungssignalen, die von einer in der Fig. 4 nicht gezeigten elektronischen Steuereinheit bereitgestellt werden.

Patentansprüche

1. Coanda-Strömungsverstärker (10, 10a, 10b, 10c) mit
 - einem Saugeinlass (22, 22a, 22b, 22c),
 - einem Auslass (24, 24a, 24b, 24c),
 - einem sich zwischen dem Saugeinlass (22, 22a, 22b, 22c) und dem Auslass (24, 24a, 24b, 24c) erstreckenden Fluidkanal (42) und
 - einem Antriebsströmungseinlass (60, 60a, 60b, 60c), der durch einen Antriebsströmungs-Austrittsspalt (66) mit dem Fluidkanal (42) in Fluidverbindung steht, dadurch gekennzeichnet, dass ein Strömungsquerschnitt des Antriebsströmungs-Austrittsspalts (66) variabel einstellbar ist.
2. Coanda-Strömungsverstärker nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Antriebsströmungs-Austrittsspalt (66) vollständig geschlossen werden kann.
3. Coanda-Strömungsverstärker nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Coanda-Strömungsverstärker (10, 10a, 10b, 10c) ein zwischen dem Saugeinlass (22, 22a, 22b, 22c) und dem Auslass (24, 24a, 24b, 24c) angeordnetes und entlang einer Längsachse (L) des Coanda-Strömungsverstärkers (10, 10a, 10b, 10c) axial verschiebbares Strömungsführungselement (26) umfasst.
4. Coanda-Strömungsverstärker nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Saugeinlass (22, 22a, 22b, 22c) in einem ersten Gehäuseabschnitt (14) angeordnet ist und der Antriebsströmungs-Austrittsspalt (66) zwischen einer stromabwärtigen Stirnfläche (50) des ersten Gehäuseabschnitts (14) und einer stromaufwärtigen Stirnfläche (54) des Strömungsführungselements (26) ausgebildet ist.
5. Coanda-Strömungsverstärker nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Strömungsführungselement (26) zumindest im Bereich des Antriebsströmungs-Austrittsspalts (66) von einer Kammer (64) umgeben ist, die den Antriebsströmungseinlass (60, 60a, 60b, 60c) mit dem Antriebsströmungs-Austrittsspalt (66) verbindet.

6. Coanda-Strömungsverstärker nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das axial verschiebbare Strömungsführungselement (26) einen zweiten Gehäuseabschnitt (16) durchsetzt und abgedichtet in dem zweiten Gehäuseabschnitt (16) geführt ist.

7. Coanda-Strömungsverstärker nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Auslass (24, 24a, 24b, 24c) in einem dritten Gehäuseabschnitt (18) angeordnet ist, wobei ein stromabwärtiger Abschnitt (36) des Strömungsführungselements (26) in den dritten Gehäuseabschnitt (18) ragt und abgedichtet in dem dritten Gehäuseabschnitt (18) geführt ist.

8. Coanda-Strömungsverstärker nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass ein Dichtelement (38) zur Abdichtung des stromabwärtigen Abschnitts (36) des Strömungsführungselements (26) gegenüber dem dritten Gehäuseabschnitt (18) in einer an dem dritten Gehäuseabschnitt (18) ausgebildeten Nut (40) angeordnet ist und mit einer Umfangsfläche (32) des Strömungsführungselements (26) zusammenwirkt.

9. Coanda-Strömungsverstärker nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass zur Abdichtung des Strömungsführungselements (26) gegenüber dem zweiten und/oder dem dritten Gehäuseabschnitt (16, 18) quasistatische Dichtelemente vorgesehen sind.

10. Coanda-Strömungsverstärker nach einem der Ansprüche 3 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein Betätigungselement (68) zur axialen Verschiebung des Strömungsführungselements (26) vorgesehen ist.

11. Coanda-Strömungsverstärker nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Betätigungselement (68) ein Piezoaktuator ist.

12. Coanda-Strömungsverstärker nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Strömungsführungselement (26) federnd entgegen der Fluidströmungsrichtung (F) in dem Fluidkanal (42) vorgespannt ist, um den Antriebsströmungs-Austrittsspalt (66) zu schließen, wenn sich das Betätigungselement (68) in unbetätigtem Zustand befindet.

13. Verfahren zum Betreiben eines Coanda-Strömungsverstärkers (10, 10a, 10b, 10c) nach einem der Ansprüche 1 bis 11 mit den Schritten:

- Zuführen einer zu verstärkenden Fluidströmung zu einem Saugeinlass (22, 22a, 22b, 22c),
- Zuführen einer Antriebsströmung zu einem Antriebsströmungseinlass (60, 60a, 60b, 60c), wobei der Antriebsströmungseinlass (60, 60a, 60b, 60c) durch einen Antriebsströmungs-Austrittsspalt (66) mit einem sich zwischen dem Saugeinlass (22, 22a, 22b, 22c) und einem Auslass (24, 24a, 24b, 24c) erstreckenden Fluidkanal (42) in Fluidverbindung steht, dadurch gekennzeichnet, dass ein variabel einstellbarer Strömungsquerschnitt des Antriebsströmungs-Austrittsspalts (66) so gewählt wird, dass ein Druckverhältnis zwischen einem Ausgangsdruck der Antriebsströmung beim Austritt aus dem Antriebsströmungs-Austrittsspalt (66) und einem Eingangsdruck der Antriebsströmung beim Eintritt in den Antriebsströmungs-Austrittsspalt (66) ein kritisches Druckverhältnis nicht überschreitet.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der variabel einstellbare Strömungsquerschnitt des Antriebsströmungs-Austrittsspalts (66) so gewählt wird, dass das Druckverhältnis zwischen dem Ausgangsdruck der Antriebsströmung beim Austritt aus dem Antriebsströmungs-Austrittsspalt (66) und dem Eingangsdruck der Antriebsströmung beim Eintritt in den Antriebsströmungs-Austrittsspalt (66) gleich dem kritischen Druckverhältnis ist.

15. Brennstoffzellensystem (80; 90) mit
- mindestens einer Brennstoffzelle (82; 92),
 - einer Fluidquelle (88; 102, 110, 116),
 - einer Fluidleitung (84; 100, 106, 112) und
 - einem in der Fluidleitung (84; 100, 106, 112) angeordneten Coanda-Strömungsverstärker (10; 10a, 10b, 10c), wobei ein Saugeinlass (22; 22a, 22b, 22c) und ein Auslass (24; 24a, 24b, 24c) des Coanda-Strömungsverstärkers (10; 10a, 10b, 10c) jeweils mit der Fluidleitung (84; 100, 106, 112) in Fluidverbindung stehen, und wobei ein Antriebsströmungseinlass (60; 60a, 60b, 60c) des Coanda-Strömungsverstärkers (10; 10a, 10b, 10c) mit der Fluidquelle (88; 102, 110, 116) in Fluidverbindung steht, dadurch gekennzeichnet, dass der Coanda-Strömungsverstärker (10; 10a, 10b, 10c) ein Coanda-Strömungsverstärker (10; 10a, 10b, 10c) nach einem der Ansprüche 1 bis 11 ist.

16. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Fluidleitung (84; 100, 106, 112) eine mit der Brennstoffzelle (82) verbundene Spülgaszuführleitung (84) ist.
17. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Fluidleitung (84; 100, 106, 112) eine mit der Brennstoffzelle (82) verbundene Kathodengaszuführleitung (100) ist.
18. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Fluidleitung (84; 100, 106, 112) eine mit einer Kaltstartkomponente verbundene Kaltstartgaszuführleitung ist.
19. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Fluidleitung (84; 100, 106, 112) eine Abgasrückführleitung (106, 112) zur Rezirkulation von Brennstoffzellenabgas ist.
20. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Abgasrückführleitung (106, 112) eine Anodenabgasrückführleitung (112) zur Rezirkulation von Anodenabgas ist und der Brennstoffzelle (92) aus der Fluidquelle (116) Anodengas zugeführt wird.

Zusammenfassung

Coanda-Strömungsverstärker, Verfahren zum Betreiben eines Coanda-Strömungsverstärkers und mit einem Coanda-Strömungsverstärker ausgestattetes Brennstoffzellensystem

Ein Coanda-Strömungsverstärker umfasst einen Saugeinlass, einen Auslass, einen sich zwischen dem Saugeinlass und dem Auslass erstreckenden Fluidkanal und einen Antriebsströmungseinlass, der durch einen Antriebsströmungs-Austrittsspalt mit dem Fluidkanal in Fluidverbindung steht, wobei ein Strömungsquerschnitt des Antriebsströmungs-Austrittsspalts variabel einstellbar ist. Bei einem Verfahren zum Betreiben des Coanda-Strömungsverstärkers wird der variabel einstellbare Strömungsquerschnitt des Antriebsströmungs-Austrittsspalts so gewählt, dass ein Druckverhältnis zwischen einem Ausgangsdruck der Antriebsströmung beim Austritt aus dem Antriebsströmungs-Austrittsspalt und einem Eingangsdruck der Antriebsströmung beim Eintritt in den Antriebsströmungs-Austrittsspalt ein kritisches Druckverhältnis nicht überschreitet. Ein Brennstoffzellensystem umfasst mindestens eine Brennstoffzelle, eine Fluidquelle, eine Fluidleitung und einen in der Fluidleitung angeordneten Coanda-Strömungsverstärker, wobei der Coanda-Strömungsverstärker einen Antriebsströmungs-Austrittsspalt mit einem variabel einstellbaren Strömungsquerschnitt aufweist.

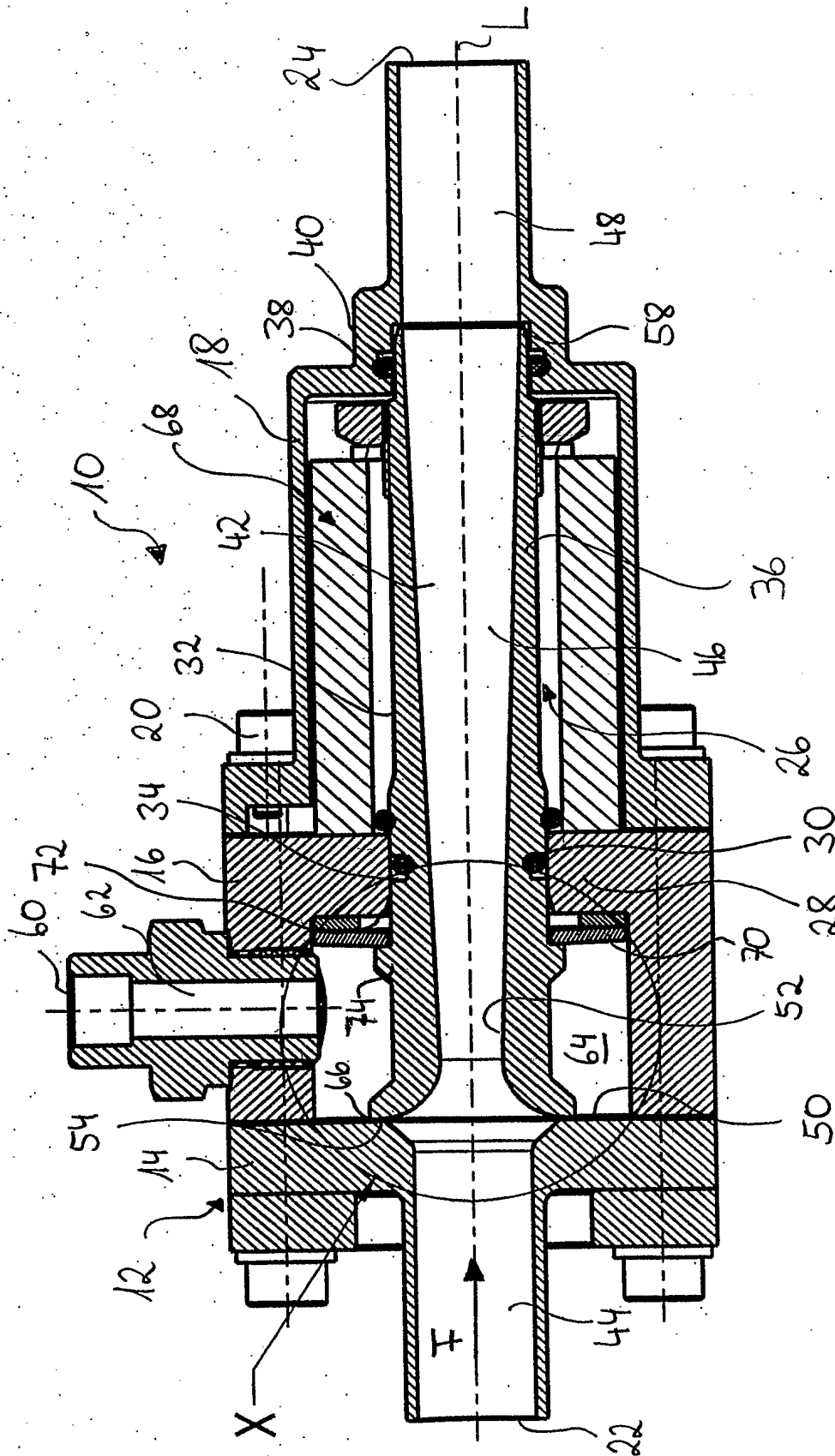


Fig. 1

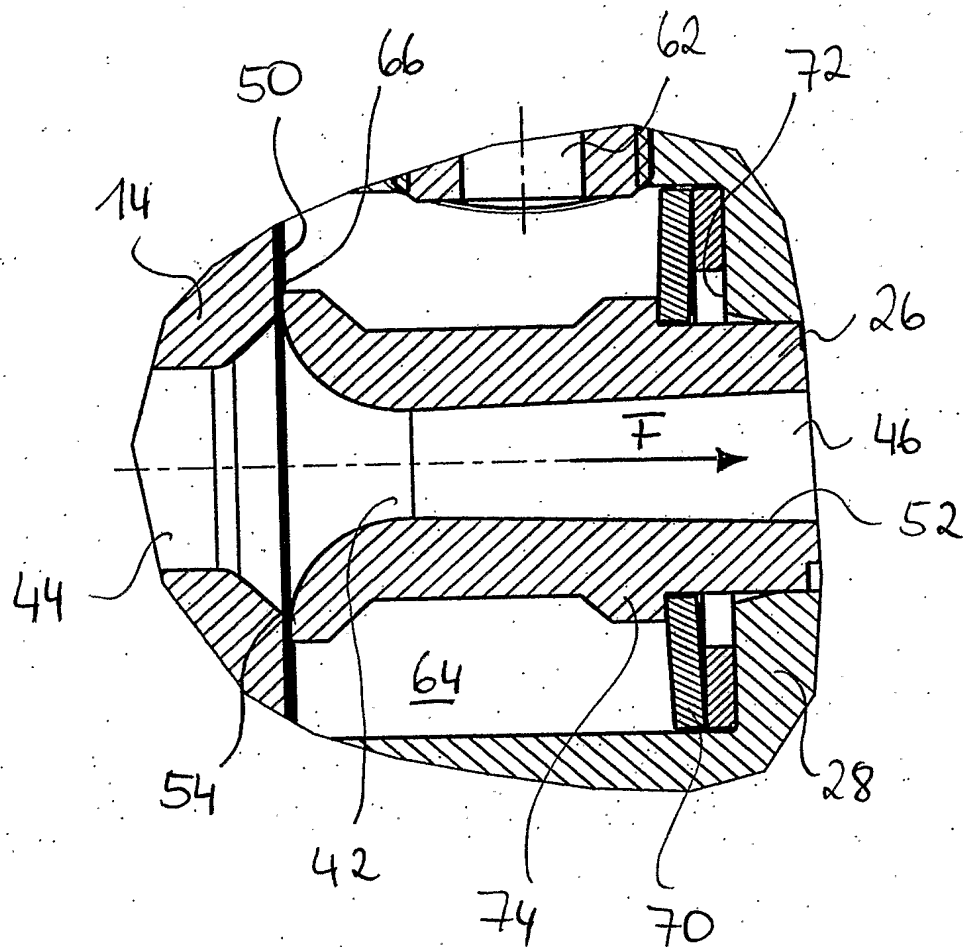


Fig. 2

